



**Formação Continuada de Professores em Serviço:
Educação de Qualidade para uma
Sociedade da Aprendizagem**

www.snef2009.org

Os Mistérios do Som: aprendendo física por meio de desafios e do uso das TIC

Rodrigo Claudino Diogo
Shirley Takeco Gobara

26 a 30 de Janeiro de 2009
UFES, Vitória - ES

Índice

1. Introdução	1
2. Fundamentos para a proposição de desafios como metodologia de ensino	1
3. A necessidade da incorporação das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física	3
3.1. A escola e as tecnologias da informação e comunicação	3
3.2. As tecnologias da informação e comunicação e o ensino de Física: uma visão geral	4
3.3. Algumas considerações	5
4. Os mistérios do som	6
4.1. Um pouco de história.....	6
4.2. O núcleo do ambiente de aprendizagem: Os desafios	7
4.3. Acessando o ambiente virtual	9
4.3.1. Se cadastrando no sítio.....	9
4.4. A página principal do curso Os Mistérios do som	11
4.5. Visão geral das atividades propostas aos alunos.....	12
5. Mapas conceituais	14
5.1. O que é um mapa conceitual?	14
5.2. Mapas conceituais como instrumento de avaliação	15
5.3. Elaborando um mapa conceitual	16
5.4. Utilizando o CMapTools	17
6. Proposta	17
Referências	18

1. Introdução

Este curso tem origem no material desenvolvido durante a realização da pesquisa de mestrado intitulada *A aprendizagem de ondas sonoras sob a ótica de desafios em um ambiente virtual potencialmente significativo*¹, realizada por Rodrigo Claudino Diogo², sob a orientação de Shirley Takeco Gobara³ e que foi concluída em fevereiro de 2008. Nesta pesquisa as tecnologias da informação e comunicação (TIC) foram utilizadas como recurso educacional para o ensino introdutório da Física do Som. A pesquisa foi realizada em uma escola pública de ensino médio da cidade de Campo Grande, no Mato Grosso do Sul e objetivou verificar se as atividades elaboradas favorecem a aprendizagem de conceitos em Física. Os resultados⁴ da pesquisa indicam que o material desenvolvido se constitui em um recurso que pode auxiliar a aprendizagem de conceitos introdutórios sobre a física do som.

Este curso nasceu do desejo de dar continuidade à pesquisa de mestrado, disponibilizando o material desenvolvido aos professores que se interessem em utilizá-lo em suas aulas de Física ou de Ciências e, caso os professores permitam, investigar as dificuldades e os resultados da utilização do material como um recurso didático.

Esta “apostila” foi concebida como um material de apoio ao curso e objetiva fornecer aos participantes uma visão geral sobre o ambiente virtual que foi desenvolvido, apresentar alguns pressupostos, bem como amparar o andamento do curso.

2. Fundamentos para a proposição de desafios como metodologia de ensino

A proposição de desafios aos alunos está fundamentada em dois pressupostos teóricos: a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (TAS) e a relação entre conhecimento e problemas. Além disso, a proposição de desafios é uma das possíveis maneiras de se realizar um ensino não tradicional⁵.

Segundo a TAS, para que ocorra uma aprendizagem significativa, dentre outros fatores, é necessário que o aluno esteja disposto a aprender. Esta disposição em aprender e a conseqüente eficiência e sucesso na tarefa de aprendizagem significativa é influenciada, fundamentalmente, por dois fatores: a motivação e a prontidão. A motivação, conforme a TAS, é considerada um mecanismo facilitador para tarefas de aprendizagem continuada que visem o domínio de um assunto de determinada disciplina, “energizando”, acelerando e tornando mais eficiente o

¹ Esta pesquisa de mestrado foi parcialmente financiada pela Fundect-MS.

² Aluno do curso de doutorado em Educação (UFSCar) e bolsista CAPES.

³ Professora do Programa de Pós-graduação em Educação da UFMS.

⁴ Alguns dos resultados da pesquisa podem ser obtidos nestes endereços eletrônicos:
<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0149-1.pdf>,
<http://bibliotecadigital.sbc.org.br/download.php?paper=1072>,
<http://www.cinted.ufrgs.br/renote/dez2007/artigos/4iRodrigo.pdf>

⁵ Entende-se por ensino tradicional o ensino focado no professor, na transmissão de conhecimentos e na passividade dos alunos com relação ao processo de ensino e de aprendizagem.

processo de aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, p. 331-333).

A motivação, segundo a TAS, pode ser analisada a partir de três elementos (Ibid., p. 332-337):

1. **Impulso cognitivo:** considerado o mais importante e estável, é inerente à própria tarefa, sendo o desejo de aprender um conhecimento como um fim em si mesmo. Para o impulso cognitivo, ser bem sucedido em uma tarefa de aprendizagem é a própria recompensa da tarefa;
2. **Impulso afiliativo:** reflete a necessidade de aprovação de determinadas figuras - das quais o aluno é dependente emocional, como os pais e professores. Este impulso tem a sua importância diminuída à medida que o aprendiz envelhece;
3. **A motivação pelo engrandecimento do ego:** ao contrário do impulso afiliativo, a motivação pelo engrandecimento do ego aumenta à medida que o aluno amadurece. Refere-se à necessidade de obtenção de um status (individual ou coletivo) proveniente da habilidade ou competência do indivíduo.

A modelagem de atividades de ensino sob a forma de desafios leva em consideração que a superação de desafios pode atuar diretamente na ampliação do impulso cognitivo e da motivação proveniente do engrandecimento do ego.

Os desafios podem, além de motivar os alunos, estabelecer a relação entre o conhecimento e os problemas de acordo com o pensamento de Bachelard:

Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. **Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído.** (BACHELARD, 1977, p. 148 apud DELIZOICOV, 2005, p. 128, grifo nosso).

A busca pela superação de desafios pode auxiliar os alunos no processo de construção do conhecimento científico, na medida em que os desafios podem ser interpretados como problemas em busca de respostas, soluções.

Com relação à proposição de problemas aos alunos, Borges e Rodrigues (2005) fazem importantes observações, que ajudam a direcionar a forma com que os desafios devem ser propostos aos alunos:

Devemos propor problemas que eles sintam que valem a pena serem enfrentados [...]. **Um problema verdadeiro tem semelhanças com um desafio, e não exercícios rotineiros, que podem ser resolvidos aplicando-se uma regra ou procedimento padrão, como os tradicionais exercícios típicos de fim-de-capítulo.** Para encontrar uma solução para um problema, seja ele conceitual ou prático, os alunos terão que conceber, planejar, preparar, executar e interpretar os resultados. (p. 6, grifo nosso).

Outro fator que influenciou na modelagem dos desafios, por estar diretamente ligada à tarefa de aprendizagem, foi a prontidão que,

[...] simplesmente se refere à adequação da *capacidade* cognitiva existente ou nível de funcionamento cognitivo (não conhecimento) em relação com as exigências de uma dada tarefa de aprendizagem. Não se especifica como esta capacidade é

alcançada - se por meio de atividades de aprendizagem prévias, por meio da experiência incidental, por meio de mudanças geneticamente reguladas, ou por meio de várias combinações destes fatores. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 175, grifo do autor).

Os desafios, portanto, não poderiam propor situações que exigissem dos alunos mais do que o nível de prontidão em que eles se encontram. Se a tarefa estiver além dos níveis de prontidão dos alunos, a tarefa de aprendizagem pode se mostrar não realizável para estes indivíduos, levando a um processo de aprendizagem lento e pouco eficiente. O conhecimento do nível de prontidão dos alunos seria por si só, um tema para uma extensa e aprofundada pesquisa, e não é pretensão deste trabalho realizá-la.

Para resolver o problema da prontidão foi assumido que é possível

[...] exercer um certo grau de controle sobre a prontidão, oferecendo um cabedal pertinente de experiências incidentais ou atividades de aprendizagem preparatórias no nível desejado de sofisticação. (Ibid., p. 177).

Este “controle” foi incluído nas atividades desenvolvidas nas trilhas de cada desafio. As páginas foram dispostas em uma “ordem” tal que, cada página atua como um preparatório para a página seguinte.

A proposição de desafios é apresentada como uma metodologia que pode contribuir de forma significativa para com o ensino e a aprendizagem de Física.

3. A necessidade da incorporação das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física

3.1. A escola e as tecnologias da informação e comunicação

A sociedade contemporânea vive um momento especial na história da humanidade, iniciado por uma revolução que teve como base a microeletrônica, os transistores e os circuitos integrados. Sobre este momento histórico, Hasse (1999, p. 125) afirma:

[...] é uma época sem precedentes. Jamais alguém vivenciou a descoberta de uma tecnologia que tivesse aplicabilidade em todas as áreas da atividade humana e, ainda, que fosse capaz de provocar alterações em todas. [...] Além dos seus extraordinários avanços na criação de sofisticados aparelhos, na riqueza das artes e das simulações, na rapidez dos cálculos, a informática trouxe a velocidade na produção de novos conhecimentos e, principalmente, a facilidade da comunicação. É por isso que a literatura aponta como sendo esta a “Era da Informação” [...].

As tecnologias da informação e comunicação (TIC), em particular o computador e a Internet, também estão cada vez mais presentes no ambiente escolar, pois a educação, como parte desta sociedade em transformação, “[...] sofre e se adequa às concepções paradigmáticas que vive a sociedade. Portanto, ela passa pelas mesmas transformações que outros segmentos da sociedade passam.” (VALENTE, 2002, p.35).

Nas escolas, entretanto, não se pode permitir, muito menos se satisfazer, com a simples presença e eventuais utilizações dos computadores e da Internet. É necessário que estas tecnologias, além de outras, sejam integradas ao cotidiano escolar tornando-se um recurso útil aos professores e, principalmente, aos alunos, auxiliando-os em sua aprendizagem. Esta possibilidade de uso das TIC como

potenciais favorecedores da aprendizagem já era sinalizada desde o final do século XX (DIOGO; GOBARA, 2008) e como afirma Masetto:

[...] é impossível dialogarmos sobre tecnologia e educação, inclusive educação escolar, sem abordarmos a questão do processo de aprendizagem. Com efeito, **a tecnologia apresenta-se como meio, como instrumento para colaborar no desenvolvimento do processo de aprendizagem.** (MASETTO, 2000, p. 139, grifo nosso).

Além deste aspecto cognitivo, deve ser salientado que a utilização das TIC no ambiente escolar é “[...] mais que uma necessidade, é um direito social.” (BRASIL, 2000a, p.13). Considerando-se que as camadas sociais menos favorecidas economicamente – as classes denominadas por D e E, nas quais cerca de 97,17% dos domicílios não possuem computadores e 98,27% não possuem acesso à Internet (COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL, 2007, p. 102) fica ainda mais evidente que a escola deve assumir a função de contribuir para com a inclusão e o letramento digital de seus alunos além de possibilitar o acesso para aqueles que não dispõem das condições necessárias para utilizarem a Internet a partir de suas residências.

3.2. As tecnologias da informação e comunicação e o ensino de Física: uma visão geral

Além dos benefícios apresentados na seção anterior, a utilização dos computadores no ensino de Física também pode contribuir para que os alunos tenham contato com formas de representação distintas das utilizadas em livros ou no quadro-negro, por exemplo: simulações, animações, vídeos, hipertextos e hipermídia. Estas representações são possuidoras de diversos graus de iconicidade⁶ (MOLES, 1990) e podem contribuir para que os alunos façam associações pertinentes dos conceitos em sua estrutura cognitiva (MACHADO; NARDI, 2006), isto é, podem contribuir para a ocorrência de uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980).

O uso dos computadores no ensino de Física tem sido o foco de várias pesquisas realizadas no Brasil e no exterior (ARAUJO; VEIT, 2004). Normalmente, este uso pode ser enquadrado em uma, ou mais, das categorias descritas por Rosa (1995): coleta e análise de dados; simulação (estática e dinâmica) de fenômenos físicos; instrução assistida por computador; administração escolar; e estudo de processos cognitivos. Outra categorização possível foi feita por Fiolhais e Trindade (2003): aquisição de dados por computador; modelagem e simulação; materiais multimídia; realidade virtual; e busca de informações na Internet. Além desta categorização, é possível elencar a área da Física que é o foco de uma determinada pesquisa sobre o uso dos computadores no ensino de Física, e o nível de ensino a que se destina.

Tradicionalmente, a maioria das pesquisas desta área faz uso de simulações e modelagens e tem como foco principal o conteúdo de Mecânica (ARAUJO; VEIT, 2004). Vale ressaltar que o número de pesquisas voltadas ao conteúdo de ondas

⁶ A iconicidade refere-se à relação entre uma imagem e o objeto que está sendo representado. Moles estabeleceu uma escala inversa do quanto uma imagem guarda em si do objeto representado. Quanto menor a iconicidade de uma imagem ou representação mais abstrata é esta representação. Um texto sobre determinado objeto ou fenômeno seria uma representação de iconicidade nula.

sonoras é pequeno em comparação às outras áreas da Mecânica (ARAUJO; VEIT, 2004; DIOGO; GOBARA, 2008).

Com relação à adoção de simulações e modelagens como recursos didáticos A. Medeiros e C. Medeiros (2002) fazem algumas considerações importantes: a) elas não podem ser utilizadas indiscriminadamente ou acriticamente; b) os modelos que descrevem os fenômenos contêm simplificações e aproximações da realidade e os alunos e professores devem estar cientes de tal fato; c) existe uma significativa diferença entre realizar um experimento e utilizar uma modelagem/simulação; d) pode haver discrepâncias entre o modelo/simulação e a realidade; e e) os modelos/simulações podem estar em desacordo com as teorias correspondentes.

Dado o ritmo de desenvolvimento científico e tecnológico e ao surgimento contínuo de novas e diferentes ferramentas, existe a possibilidade de se agregar diversas formas de uso dos computadores em uma única proposta didática, além da utilização de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), WebQuests⁷, blogs e outros recursos⁸.

3.3. Algumas considerações

A incorporação⁹ das TIC na educação e no ensino de Física não representa apenas a possibilidade de oferecer aos alunos uma melhor educação e aprendizagem da Física, mas é uma necessidade inadiável da sociedade contemporânea. Deve-se, entretanto, estar atento aos seus limites e jamais considerar que o computador possa substituir o professor nos processos formais de ensino e de aprendizagem. As TIC devem ser entendidas como mais um recurso que está à disposição dos professores para auxiliá-los em suas atividades de ensino. É essencial, porém, que a incorporação das TIC propicie aos alunos um papel mais ativo no próprio processo de aprendizagem.

Esta incorporação exige dos professores um olhar crítico e a contínua atualização das atividades de ensino e do próprio material que está sendo utilizado, de maneira a estimular o interesse dos alunos e promover melhorias contínuas, tanto no material quanto na atividade. Além disso, o professor deve estar disposto a se manter sempre atualizado tecnologicamente e não ter receio de que os alunos possam estar mais familiarizados com as TIC do que ele, pois, em geral, os alunos estão mais familiarizados.

⁷ Quer saber mais sobre WebQuests? Visite estes sítios: <http://webquest.org/index.php>, <http://www.vivenciapedagogica.com.br/webquest/>, <http://www.netkids.com.br/v3.0/files/educacao/webquest/default.asp>, http://www.educarede.org.br/educa/index.cfm?pg=internet_e_cia.informatica_principal&id_inf_escola=233, <http://pt.wikipedia.org/wiki/WebQuest> e <http://tatianemomartins.blogspot.com/search/label/WEBQUEST>.

⁸ Sobre uso de blogs e outros recursos na educação, acesse estes sítios: <http://snef.aprendendoemrede.info/apresentacao-e-programacao>, http://br.groups.yahoo.com/group/blogs_educativos/, <http://dicasdeciencias.wordpress.com/>, <http://internetnaeducacao.blogspot.com/>, <http://zezesabino.blogspot.com/>, <http://diariodebiologia.com/> e <http://planeta.edublogosfera.com.br/>.

⁹ O uso do termo “incorporação” objetiva ressaltar que as TIC devem fazer parte das atividades cotidianas de ensino e de aprendizagem e não apenas serem utilizadas de maneira esporádica.

4. Os mistérios do som

4.1. Um pouco de história

O início do processo de desenvolvimento do material educacional foi marcado por uma série de dúvidas. Entre estas, as mais pertinentes foram: a) desenvolver um software ou utilizar softwares já disponíveis? b) utilizar material pago ou de uso gratuito? c) contemplar apenas um conceito relacionado à Física do Som ou ambicionar uma proposta mais ampla?

A primeira decisão tomada foi que o material educacional deveria utilizar softwares e recursos de uso gratuito disponíveis na Internet e que o produto obtido fosse acessível, gratuitamente, por meio da grande rede. Vale ressaltar que, neste trabalho, considerou-se software ou recurso de uso gratuito todo material que não exigia pagamento em dinheiro para adquirir a licença de uso. Informações mais detalhadas sobre as modalidades de licença de software, e de outros recursos digitais, podem ser encontradas em Hexsel (2002).

A segunda escolha foi com relação à forma de disponibilizar, isto é, tornar acessível o material educacional que seria desenvolvido, de modo que o material pudesse ser utilizado por meio de qualquer computador com acesso à Internet. Esta escolha foi bastante influenciada por uma discussão informal sobre sistemas gerenciadores de cursos¹⁰ que ocorreu durante o XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, realizado em Campo Grande - MS entre os dias 14 e 20 de Julho de 2006. Nesta discussão o sistema gerenciador de cursos *Moodle* (MOODLE, 2007a) teve suas características e qualidades elogiadas e ressaltadas por várias pessoas.

O *Moodle* é um sistema gerenciador de cursos que pode ser obtido gratuitamente no endereço eletrônico <http://moodle.org> e que dispõe de uma série de recursos para a criação, manutenção e gestão de cursos online. Algumas das principais características do *Moodle* (MOODLE, 2007b) são:

- É um software livre, ou seja, é gratuito, tem o seu código fonte disponível e pode ser alterado conforme as necessidades do usuário;
- Permite a criação e o controle de diversas atividades e recursos em um curso, tais como: páginas web, fóruns, chats, questionários, tarefas, glossários entre outros;
- Permite a incorporação de módulos adicionais que expandem suas características e funcionalidades básicas;
- Possui uma comunidade mundial de voluntários que atuam no seu desenvolvimento e na criação de módulos que podem ser incorporados ao *Moodle*;
- Pode ser traduzido para diversas línguas.

Um fator que pode ser utilizado para atestar a qualidade do *Moodle* é o grande número de utilizadores do software. O *Moodle* é utilizado em mais de 34000 sítios, sendo que alguns desses sítios possuem mais de 20000 usuários cadastrados

¹⁰ Basicamente, um sistema gerenciador de cursos é um software que permite a criação e a gestão de cursos online, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem.

(MOODLE, 2007c). No Brasil são mais de 1600 sítios utilizando o *Moodle*, sendo que vários deles pertencem a instituições de ensino público federal (MOODLE, 2007d).

Após estas escolhas iniciais, a atenção voltou-se para o desenvolvimento do material educacional que foi concebido com o objetivo de servir como um meio alternativo e/ou complementar para a aprendizagem das seguintes propriedades das ondas sonoras:

- Necessidade de um meio material para a propagação do som;
- O som não transporta matéria enquanto se propaga;
- Intensidade sonora e amplitude da onda;
- Necessidade de uma fonte sonora;
- Freqüência sonora.

4.2. O núcleo do ambiente de aprendizagem: Os desafios¹¹

A aprendizagem significativa exige dois fatores fundamentais, sem os quais sua ocorrência fica impossibilitada: a) o material de ensino deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve ser passível de ser incorporado às informações relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno, e b) o aluno deve estar disposto a aprender e a não memorizar o conteúdo (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 34-36). O material desenvolvido para a pesquisa buscou propiciar estas duas condições, por meio da criação de situações nas quais os alunos deveriam resolver um problema ao superar um desafio.

O primeiro destes fatores - que o material de ensino deve ser potencialmente significativo, depende da natureza do material e da estrutura cognitiva do aluno:

Quanto à natureza do material, deve ser “logicamente significativa”, i.e., suficientemente não-arbitrária e não-aleatória em si, de modo que possa ser relacionada, de forma substantiva e não-arbitrária, a idéias correspondentemente relevantes que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. Quanto à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos *subsunçores específicos* com os quais o novo material é relacionável. (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 14, grifo do autor).

Cada um dos desafios modelados para o ambiente é constituído por uma trilha - seqüência de passos, criada com o objetivo de oferecer uma ordem mínima para que a não-arbitrariedade e não-aleatoriedade do material sejam garantidas, seguindo o princípio da organização seqüencial (MOREIRA, 2005, p. 15) e a diferenciação progressiva. A maneira com que os desafios foram configurados no *Moodle* permite que o aluno refaça um desafio quantas vezes desejar e que retorne ao ponto da trilha em que ele estava antes de uma possível interrupção.

Para evitar que a segunda condição exigisse a investigação das estruturas cognitivas de cada aluno e a conseqüente construção de um material educacional individualizado - visto que, a priori, a estrutura cognitiva de um aluno não é idêntica a de outro aluno, uma das atividades do ambiente foi modelada para garantir a existência dos *subsunçores* necessários à aprendizagem de ondas sonoras.

¹¹ O leitor que desejar obter maiores detalhes sobre o processo de concepção do ambiente virtual deve consultar Diogo e Gobara (2008).

Subsunçores são os conhecimentos necessários para a que ocorra a aprendizagem significativa de novos conceitos.

A atividade denominada *É importante saber!!!* foi desenvolvida para funcionar como um *organizador prévio*. De maneira geral, organizadores prévios são materiais que visam superar o vão cognitivo entre o que o aluno sabe e o que ele deve saber (Ibid., p. 12), ou seja, os organizadores prévios são utilizados para garantir que os subsunçores necessários à aprendizagem estejam presentes na estrutura cognitiva dos alunos.

Um organizador prévio, além de garantir os subsunçores necessários às próximas etapas de aprendizagem, deve levar em consideração o que o aprendiz já sabe. Para resolver este problema foi estipulado que apenas os alunos da segunda e terceira séries do ensino médio poderiam participar da pesquisa. Esta restrição levou em conta o conteúdo que normalmente é ministrado em aulas de Física da primeira série do ensino médio, e que nestas aulas os alunos estudam os conceitos de posição, deslocamento, intervalo de tempo e velocidade. Os conceitos subsunçores trabalhados na atividade *É importante saber!!!* são: regularidade, movimento periódico, período e frequência. Estes conceitos foram considerados como fundamentais para que a aprendizagem significativa sobre ondas sonoras seja possível.

O material educacional desenvolvido para a pesquisa visa, portanto, propor problemas aos alunos sob a forma de desafios, para que estes tenham a possibilidade de construir seus conhecimentos sobre ondas sonoras.

Foram modelados quatro desafios: *Como uma onda no mar...*, *O pernilongo e os sons*, *O jogo do erro* e *Abaixe o volume*. Cada desafio tem a missão de trabalhar, de forma problematizada, conhecimentos sobre ondas sonoras:

- **Como uma onda no mar:** o som é um tipo de onda; o som, da mesma maneira que as outras ondas, não transporta matéria quando se propaga de um local a outro;
- **O pernilongo e os sons:** fonte sonora, vibração, frequência, grave, agudo, infra-som, ultra-som, espectro sonoro e relação entre a frequência da fonte sonora e do som que ela emite;
- **O jogo do erro:** o som só se propaga em meios materiais;
- **Abaixe o volume:** fonte sonora, amplitude de um movimento oscilatório, amplitude de vibração da fonte sonora, amplitude da onda sonora, intensidade da onda sonora e a relação entre estes conceitos;

Mas, como os desafios foram problematizados?

A estratégia para a problematização focou-se na:

Escolha e formulação adequada de problemas, que o aluno não se formula, de modo que permitam a introdução de um *novo conhecimento* (para o aluno), ou seja, os conceitos, modelos, leis e teorias da Física, sem o que os problemas formulados não podem ser solucionados. (DELIZOICOV, 2005, p. 132, grifo do autor)..

Cada um dos desafios propôs um ou mais problemas para o quais se assumiu que os alunos não sabiam como responder. Além disso, partindo do princípio de que a maioria dos alunos só tem a oportunidade de estudar Física na escola e principalmente durante o ensino médio e que o conhecimento científico deve

contribuir para uma melhor compreensão e atuação do aluno na sociedade (Ibid., 2005), procurou-se aproximar a situação de cada desafio às situações cotidianas dos alunos.

O ambiente virtual desenvolvido buscou, também, agregar diversas formas de utilização da informática, diversos recursos e formas de representação no intuito de propiciar aos alunos um ambiente com vários graus de iconicidade (MOLES, 1990), de maneira a favorecer a aprendizagem dos alunos.

4.3. Acessando o ambiente virtual¹²

O ambiente virtual e o curso *Mistérios do Som* estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico: <http://ensinodeciencias.net>. Para ter acesso aos cursos é necessário ser cadastrado no ambiente.

4.3.1. Se cadastrando no sítio

Após acessar o endereço eletrônico, clique no link “Cadastramento de usuário”, que fica no canto superior esquerdo da página:

A janela intitulada "Acesso" contém os seguintes elementos:

- Um campo de texto rotulado "Nome de usuário".
- Um campo de texto rotulado "Senha".
- Um botão rotulado "Acesso".
- Um link rotulado "Cadastramento de usuários" destacado por um retângulo vermelho.
- Um link rotulado "Perdeu a senha?".

Figura 1 – Link para o cadastramento de usuários.

Você será direcionado à página de cadastramento de novo usuário. Nesta página, informe os campos necessários e depois clique no botão “Cadastrar este novo usuário”:

O formulário de cadastramento de novo usuário contém as seguintes seções e campos:

- Preencha com um novo nome de usuário e uma nova senha:**
 - Nome de usuário*
 - Senha* com opção "Mostrar".
- Complete com alguns dados pessoais:**
 - Endereço de e-mail*
 - Email (outra vez)*
 - Nome*
 - Sobrenome*
 - Cidade/Município*
 - País* (menu suspenso com "Brasil" selecionado).
- Botões: "Cadastrar este novo usuário" e "Cancelar".
- Nota: "Este form contém campos obrigatórios".

Figura 2 – Formulário para o cadastramento de usuários.

¹² Estas instruções de acesso foram adequadas aos participantes do SNEF. Em caso de dúvidas ou problemas de acesso, envie seu email para rodrigo@ensinodeciencias.net ou rdiogo@gmail.com.

Em seguida você visualizará uma tela com a mensagem de que um email foi enviado para o endereço que você forneceu durante o cadastro:

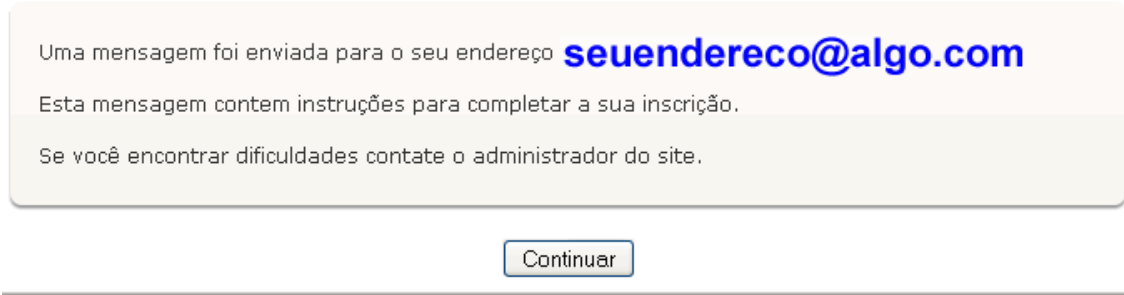


Figura 3 – Aviso de envio de email.

Ao clicar no botão “Continuar” você será redirecionado à página principal do Ensino de Ciências.net.

Para finalizar o seu cadastro você deve verificar a caixa de entrada do endereço de email que você informou na página de cadastro. Você deve ter recebido uma mensagem solicitando a sua confirmação de cadastro. Basta clicar no link informado no corpo do email:

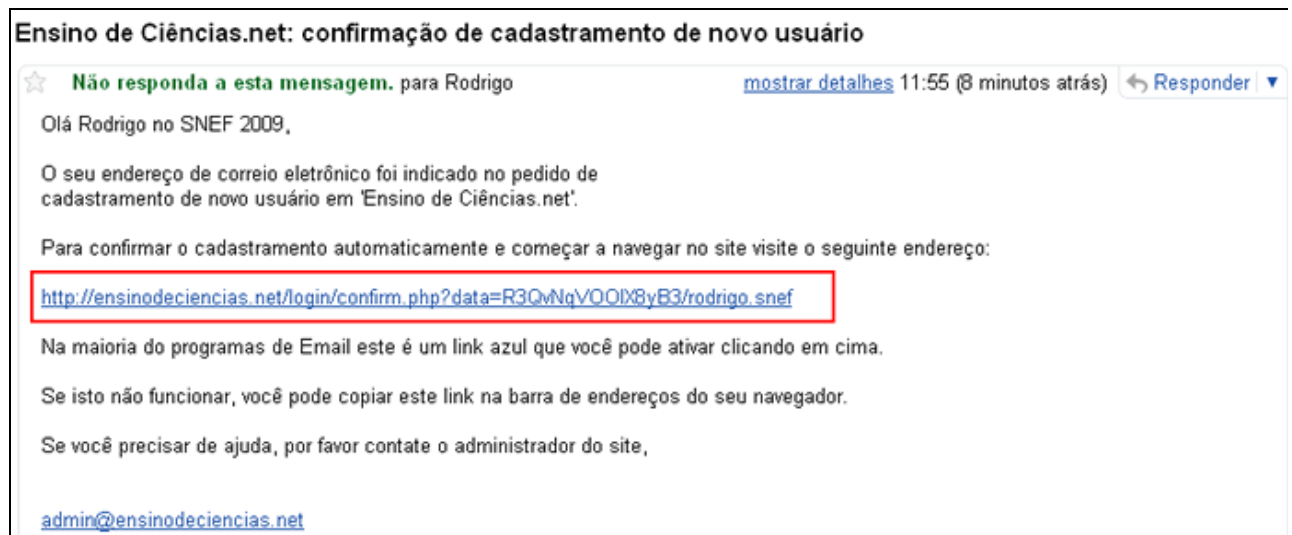


Figura 4 – Email solicitando confirmação de cadastro.

Após clicar no link de confirmação de cadastro, o seu navegador de Internet exibirá a página de confirmação do cadastro, com a seguinte mensagem:

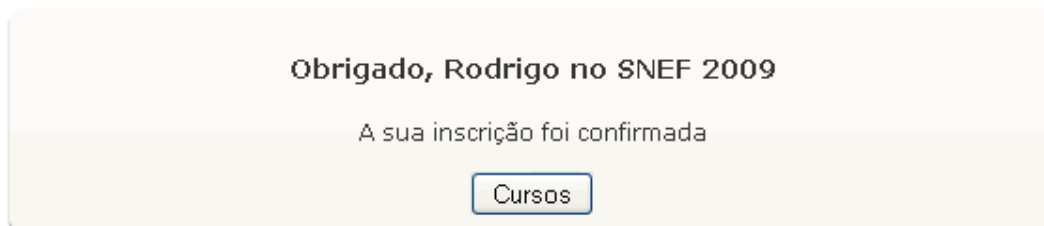


Figura 5 – Mensagem de confirmação de cadastro.

Agora você já está cadastrado como usuário, mas ainda não se inscreveu em nenhum curso. Para fazer sua inscrição, clique no botão “Cursos” para exibir os cursos disponíveis no Ensino de Ciências.net. Localize e clique no link “Os mistérios do som”:

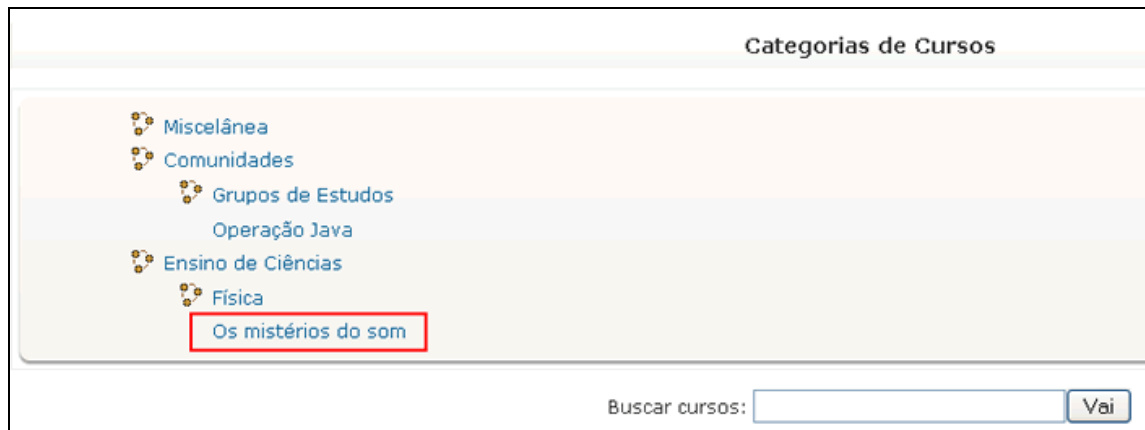


Figura 6 – Cursos disponíveis no Ensino de Ciências.net.

Seu navegador será direcionado para a seguinte página, que te solicitará um “Código de Inscrição”:

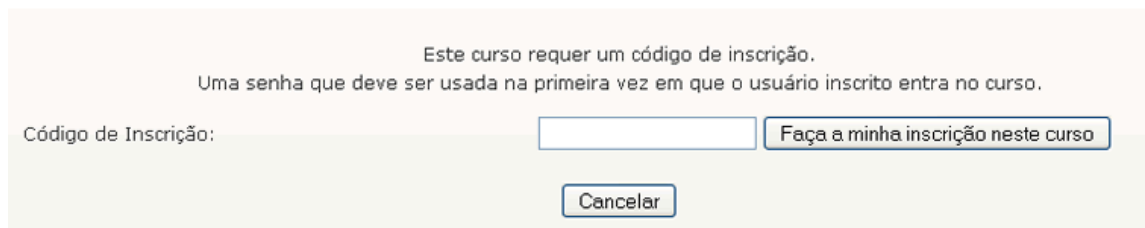


Figura 7 – Cursos disponíveis no Ensino de Ciências.net.

O código de inscrição é uma medida de segurança que restringe a inscrição no curso aos usuários que sabem este código. Digite “SNEF” (sem as aspas) no local indicado e clique no botão “Faça a minha inscrição neste curso”. Pronto, você foi direcionado à página principal do curso *Os Mistérios do som*.

4.4. A página principal do curso *Os Mistérios do som*

A página principal do ambiente virtual foi estruturada em seções de maneira a propiciar a organização do conteúdo do curso e é exibida logo após o aluno efetuar o login no sistema *Moodle* e selecionar o curso que foi denominado *Os Mistérios do Som*. Os elementos constituintes da página principal são descritos logo a seguir e estão destacados na figura 8:

1. O título do curso;
2. Local do ambiente virtual em que o usuário do sistema se encontra. No caso, o usuário está acessando o curso *Os Mistérios do Som* - resumidamente *Som*, que está armazenado no sítio *Ensino de Ciências.net*;

3. Informa o nome do usuário logado no sistema e fornece a opção de sair do sistema;
4. Permite a busca nos fóruns do curso Os Mistérios do Som;
5. Links que permitem visualizar os demais participantes do curso e acessar a ficha do perfil pessoal do usuário que está logado no sistema;
6. Cursos em que o participante está inscrito e um link para visualizar todos os cursos disponíveis;
7. O bloco de atividades iniciais e suas atividades;
8. Seção em que se encontram os desafios elaborados para o material educacional;
9. Seção em que se encontram as atividades em é possível a interação entre os participantes: o fórum (Ponto de Encontro) e o canal de comunicação com o professor (Mandar uma mensagem para o professor);
10. Seção com as páginas desenvolvidas para a primeira versão do material educacional;
11. Link que aponta para a página inicial do site Ensino de Ciências.net;
12. Orientação para que o participante conclua a atividade É importante saber!!!, antes de tentar superar os desafios.

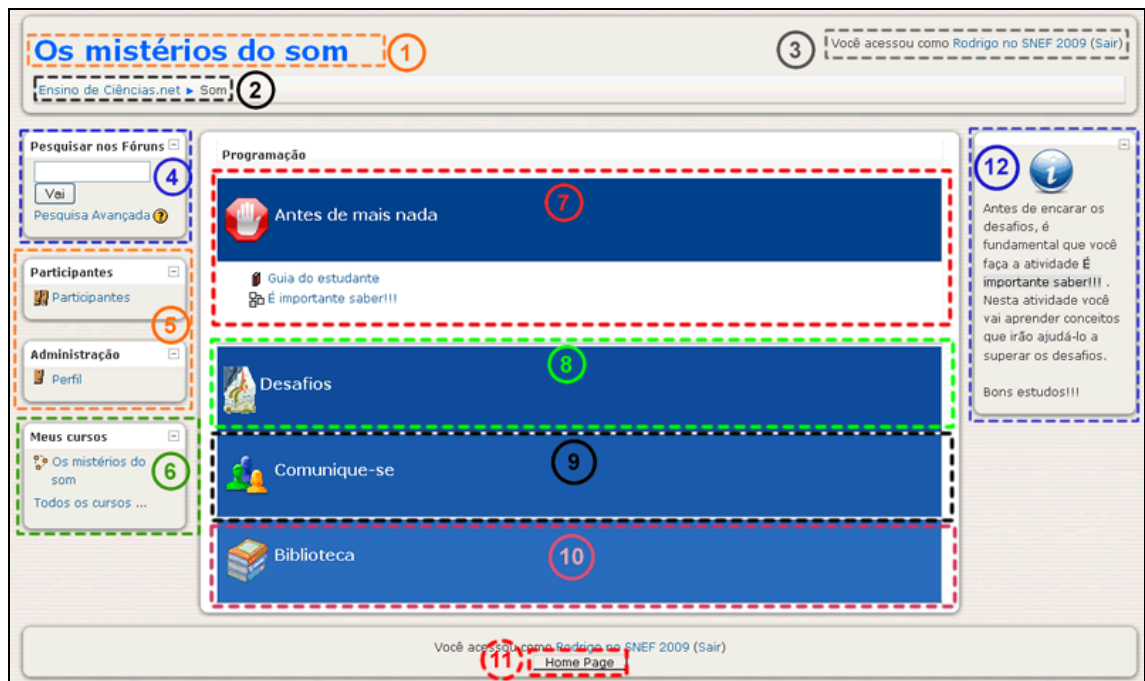


Figura 8 – Cursos disponíveis no Ensino de Ciências.net.

4.5. Visão geral das atividades propostas aos alunos

A atividade *É importante saber!!!* é a primeira atividade que deve ser realizada pelos alunos e objetiva prepará-los para os desafios, atuando como um organizador prévio.

Cada um dos quatro desafios propõe ao aluno uma questão problematizada, sob a forma de um desafio, que está relacionada com um ou mais conceitos físicos sobre ondas sonoras. Para buscar assegurar que os estudantes construam o conhecimento necessário para a superação dos desafios, eles devem percorrer uma seqüência de páginas que apresenta diversas atividades e questionamentos.

No desafio *O Jogo do Erro* o aluno assume o papel de um revisor científico dos filmes produzidos por um estúdio de cinema e que deve analisar um trecho de um filme produzido recentemente. Para conseguir analisar o filme corretamente o aluno precisa conhecer uma das características fundamentais das ondas sonoras: a propagação ocorre apenas em meios materiais.

O desafio *Como uma onda no mar...* apresenta uma situação na qual o aluno está em uma festa de aniversário e algumas das crianças inventam uma brincadeira. As crianças colocaram o aparelho de som na garagem da casa (onde não estava ventando), conectaram um microfone e arrumaram uma pena de um travesseiro velho. A brincadeira era, na verdade uma competição. Enquanto um deles solta a pena perto dos alto-falantes, os demais (um de cada vez) gritam ao microfone. Quem conseguisse “jogar” a pena o mais longe possível seria o vencedor ou vencedora. Entretanto, antes de começarem a brincar, as crianças questionam ao aluno o que acontecerá com a pena, quando eles gritarem no microfone. Para conseguir responder satisfatoriamente a esta pergunta é necessário que o aluno saiba que as ondas sonoras, assim como as ondas no mar, não transportam matéria ao se propagarem.

No desafio *O Pernilongo e os sons*, o aluno assume o papel de um pesquisador que deve propor um aparelho que consiga expulsar os pernilongos que infestam a cidade. Para conseguir superar este desafio o aluno deve ter conhecimentos sobre frequência sonora, fonte sonora, espectro sonoro, relação entre as frequências da fonte sonora e do som que ela emite, além de informações sobre os hábitos dos pernilongos.

O desafio *Abaixe o volume* exige que o aluno faça a análise de uma situação na qual um rapaz está ouvindo música e sua mãe diz que ele deve “abaixar o som” para que não fique surdo. Ao ouvir a recomendação de sua mãe o filho questiona: “Onde já se viu? Desde quando ouvir música deixa a gente surdo???”. A tarefa principal do aluno é decidir qual dos personagens, a mãe ou o filho, está certo e justificar sua resposta. Para cumprir esta tarefa, o aluno necessita saber sons de alta intensidade sonora são capazes de prejudicar a audição.

A atividade de elaboração de um mapa conceitual objetiva fornecer um instrumento que permita avaliar a aprendizagem dos alunos de maneira qualitativa, por meio de uma estimativa dos conhecimentos aprendidos pelos alunos e que são expressos pelas relações entre os conceitos que aparecem em seu mapa. Esta atividade pode ser categorizada como uma atividade “off-line” por não ser realizada diretamente no ambiente virtual e faz uso do software CMapTools, do *Institute for Human and Machine Cognition* e que pode ser obtido gratuitamente em <http://cmap.ihmc.us>.

Na atividade *Confeccionando um cartaz*, o aluno deve confeccionar um cartaz de divulgação do curso. O caráter deste cartaz fica a critério do aluno, podendo ser um cartaz divulgando os aspectos positivos do curso e convidando outros alunos a fazê-lo, ou um cartaz divulgando aspectos negativos do curso e avisando a outros

alunos de que não devem participar do curso. O objetivo desta atividade é oferecer um meio para avaliar o grau de satisfação e de motivação dos alunos.

Outra atividade, que é disponibilizada ao aluno, assim que ele finaliza as atividades *Fazendo um mapa...* e *Confeccionando um cartaz*, é um opinário composto por oito questões que busca levantar dados sobre a satisfação do aluno com relação ao curso e outras informações pertinentes para a pesquisa.

5. Mapas conceituais

5.1. O que é um mapa conceitual?

O mapa conceitual é um instrumento que tem as suas origens nos trabalhos desenvolvidos por Novak e seus colaboradores da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos da América, em meados dos anos 70 do século XX (MOREIRA, 2006, p. 44). Novak e seus colaboradores conduziam pesquisas embasadas na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e ao buscarem uma melhor maneira de representar a compreensão conceitual de crianças, acabaram chegando ao instrumento que hoje é conhecido como mapa conceitual (NOVAK; CAÑAS, 2006). Este histórico confirma que os mapas conceituais possuem como fundamento teórico a teoria da aprendizagem significativa (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1987, p. 15).

Mas, para o que servem os mapas conceituais?

Basicamente, um mapa conceitual:

[...] têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma *proposição* consiste em dois ou mais termos conceituais ligados por palavras de modo a formar uma unidade semântica. Na sua forma mais simples, um mapa de conceitos consta apenas de dois conceitos unidos por uma palavra de ligação de modo a formar uma proposição. (NOVAK; GOWIN, 1999, p. 31).

A forma mais simples de um mapa conceitual pode ser vista na figura 9:

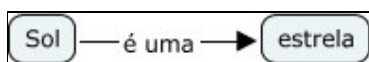


Figura 9 - Mapa conceitual em sua forma mais simples.
Autor: Rodrigo Claudino Diogo.

Além de representar as relações significativas entre os conceitos, um mapa conceitual confeccionado de acordo com a teoria da aprendizagem significativa deve apresentar uma relação hierárquica entre os conceitos, visto que alguns conceitos são mais gerais ou mais inclusivos que outros (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Mapas conceituais que busquem evidenciar esta hierarquia entre os conceitos devem ser diagramados de maneira a tornar possível o reconhecimento desta hierarquização de conceitos. Mapas que possuam esta característica serão, aqui, denominados mapas conceituais ausubelianos.

A figura 10 exibe um mapa conceitual ausubeliano bidimensional (horizontal e vertical) sobre o tema “computadores”:

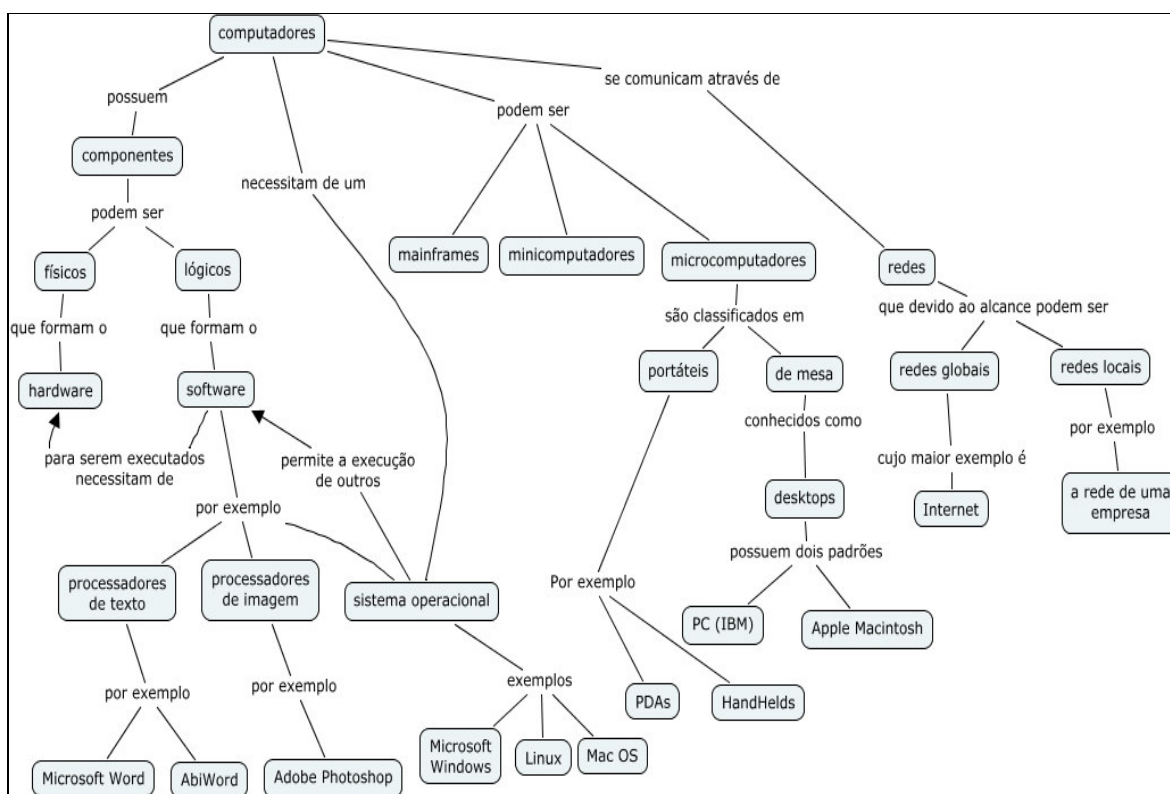


Figura 10 - Mapa conceitual sobre "computadores". Autor: Rodrigo C. Diogo.

No mapa conceitual da figura 10, o conceito mais geral se encontra no topo do mapa e à medida que se caminha do topo para a base do mapa conceitual, os conceitos vão se tornando cada vez mais específicos. Além disso, conceitos que estão em um mesmo nível horizontal possuem o mesmo grau de inclusividade. Todavia, a hierarquia entre os conceitos presente no mapa da figura 10 não é a única possível.

Em verdade, segundo Novak e Gowin (1999, p. 33) um “[...] mesmo conjunto de conceitos pode ser representado em duas ou mais hierarquias válidas.”. Esta multiplicidade na forma de conceber a hierarquia entre os conceitos revela que a confecção de um mapa conceitual é uma tarefa de caráter idiossincrático, na qual diversas pessoas irão elaborar diferentes mapas conceituais sobre um mesmo assunto ou uma mesma área do conhecimento (MOREIRA, 2006, p. 10).

Além do fato de que duas pessoas podem confeccionar mapas diferentes sobre um mesmo assunto, é importante destacar que uma mesma pessoa, em diferentes momentos de sua vida provavelmente irá elaborar diferentes mapas sobre um mesmo assunto, dado que sua estrutura cognitiva se modificará em decorrência de processos de aprendizagem significativa.

5.2. Mapas conceituais como instrumento de avaliação

Os mapas conceituais são utilizados com diversas finalidades: para o ensino (GOBARA, 1986), para a avaliação da aprendizagem, na análise e planejamento do currículo (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1987) e na análise de conteúdos (MOREIRA, 2006, p. 26). O uso dos mapas conceituais como instrumento de avaliação permite que se obtenham informações sobre como os alunos relacionam determinados

conceitos, por meio da hierarquia e das proposições entre os conceitos que estão representados no mapa conceitual (Ibid., p. 17-18).

A avaliação dos mapas conceituais é feita, preferencialmente, de maneira qualitativa, mas, às vezes, o pesquisador ou o professor necessita de critérios mais objetivos para avaliar os mapas conceituais de seus alunos, isto é, atribuir um escore ao mapa a partir de um esquema de pontuação baseado em alguns critérios que devem ser estabelecidos a priori pelo pesquisador ou professor. Considera-se entre outros critérios, algumas das idéias da teoria da aprendizagem significativa (NOVAK; GOWIN, 1999, p. 113-120), a saber:

1. Organização hierárquica da estrutura cognitiva: o mapa conceitual deve exibir uma estrutura hierárquica, representando a relação de generalidade-especificidade existente entre os conceitos;
2. Diferenciação progressiva dos conceitos: o mapa revela o quanto os conceitos se encontram diferenciados, a partir das relações preposicionais que o conceito apresenta;
3. Reconciliação integradora, ou integrativa: as reconciliações integradoras feitas pelos alunos podem ser sugeridas pelas ligações transversais que existem entre conceitos de diferentes ramos conceituais. A reconciliação integradora favorece a diferenciação progressiva dos conceitos relacionados.

Recomenda-se, entretanto, uma avaliação qualitativa dos mapas conceituais em busca de evidências da aprendizagem dos alunos e de possíveis dificuldades e/ou obstáculos à aprendizagem dos conceitos trabalhados nas atividades propostas pelo professor¹³.

5.3. *Elaborando um mapa conceitual*

Os passos abaixo são uma adaptação dos passos sugeridos por Moreira (2006, p. 43-47) e por Novak e Gowin (1996, p. 49-51) para a construção de um mapa conceitual, utilizando papel e lápis. Eles não se configuram uma regra para a construção dos mapas, e sim como um roteiro básico que deve ser adaptado a cada situação em que se desejar, ou for necessário, construir um mapa conceitual:

- 1. Identifique os conceitos-chave do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista. Para a primeira versão do mapa, limite entre 7 e 12 o número de conceitos.**

O número de conceitos desta lista pode variar conforme a atividade em questão. Por exemplo se está sendo construído um mapa conceitual de um pequeno texto o número de conceitos pode ser menor. Os conceitos podem ser colocados em fichas de papel para facilitar o manuseio dos conceitos (evitando o "escreve e apaga").

- 2. Construa uma lista ordenando os conceitos de forma que o(s) mais geral(is), mais inclusivo(s), fiquem no topo da lista e, gradualmente, vá agregando os demais até chegar ao conceito mais específico. Se**

¹³ O leitor que tiver interesse em ter maiores informações sobre como foi feita a análise dos mapas conceituais elaborados pelos alunos, durante a realização da pesquisa de mestrado, deve acessar: (colocar o link para a dissertação [no site e no universia](#))

você julgar que dois ou mais conceitos possuem o mesmo nível de inclusividade, coloque-os juntos na lista.

Se as fichas de papel foram construídas basta colocar os conceitos de forma ordenada do mais inclusivo para o menos inclusivo. Se várias pessoas estiverem fazendo um mapa conceitual do mesmo assunto, os conceitos selecionados e a respectiva ordenação podem ser diferentes para cada pessoa.

- 3. Disponha os conceitos sob a forma de um mapa conceitual, respeitando a ordenação feita no passo 2.**

O mapa conceitual deverá ficar com os conceitos mais inclusivos no topo do mapa e os menos inclusivos na base do mapa.

- 4. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem formar uma proposição que expresse o significado da relação.**

Se as fichas de conceitos foram construídas, pode ser interessante construir fichas de papel para as palavras de ligação.

- 5. Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos.**

Evite palavras como: "é", "são", "pode ser", "pertence", "depende", "tem", "ou", "de" e "da". Também evite o uso de equações e fórmulas.

- 6. Busque relações: horizontais, cruzadas entre conceitos de diferentes ramos do mapa e de baixo para cima.**

- 7. Exemplos podem ser adicionados aos mapas, embaixo dos conceitos correspondentes.**

Busque relações entre os exemplos e outros conceitos e exemplos presentes no mapa conceitual.

5.4. Utilizando o CMapTools

Para maiores informações sobre a utilização do CMapTools, inscreva-se no curso "Mapas Conceituais & CMapTools", disponível no Ensino de Ciências.net (endereço eletrônico do curso: <http://ensinodeciencias.net/course/view.php?id=4>). O código de inscrição do curso, para os participantes do XVIII SNEF é, também, "SNEF".

6. Proposta

Os participantes que desejarem utilizar o curso *Mistérios do Som* podem manifestar seu desejo preenchendo o formulário disponibilizado no próprio ambiente virtual. Além disso, aqueles que se prontificarem a participar da continuidade da pesquisa que originou o material apresentado neste curso, solicita-se que preencham o termo de livre consentimento.

Referências

- ARAUJO, I. S.; VEIT., E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 4, n. 3, p. 5-18, set./dez. 2004. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V4N3/v4n3a1.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2007.
- AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BACHELARD, Gaston. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- BORGES, Antônio T.; RODRIGUES, Bruno A.. O ensino da física do som baseado em investigações. **ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 1-24, dez. 2005. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v7_n2/ATBR%20-%20Mar%E7o-2005-rev.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Parte II: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2000a.
- COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **Pesquisa sobre o uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no Brasil : TIC Domicílios e TIC Empresas 2006**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2007.
- DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, Maurício (org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2. ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005. p. 125-150.
- DIOGO, Rodrigo Claudino ; GOBARA, S. T. . Um ambiente virtual para a aprendizagem de conceitos sobre ondas sonoras: concepção e primeiras análises. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 16, p. 23-36, 2008.
- FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n.3, p. 259-272, 2003.
- GOBARA, S. T. Mapas Conceituais no Ensino da Física. **Ciência e Cultura (SBPC)**, São Paulo, v. 36, n. 6, p. 973-982, 1986.
- HASSE, Simone Hedwig. A Informática na Educação: Mito ou Realidade. In: LOMBARDI, José Claudinei (org.). **Pesquisa em educação: história, filosofia e temas transversais**. Campinas: Autores Associados; Caçador: UnC, 1999. p. 123-139.
- HEXSEL, Roberto A. Propostas de Ações de Governo para Incentivar o Uso de Software Livre. **Relatório Técnico do Departamento de Informática da UFPR**, Curitiba, n. 04, out. 2002. Disponível em <http://www.inf.ufpr.br/info/techrep/RT_DINF004_2002.pdf>. Acesso em: 21 out. 2007.
- MACHADO, Daniel Iria; NARDI, Roberto. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.

- MASETTO, Marcos T. Mediação Pedagógica e o Uso da Tecnologia. In: MORAN, José M.; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda A.. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas, SP: Papirus, 2000. p. 133-172.
- MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.22, n.02, p. 77-86, 2002.
- MOLES, Abraham A. **Arte e computador**. Porto: Afrontamento, 1990.
- MOODLE. **Moodle - A Free, Open Source Course Management System for Online Learning**. Disponível em < <http://moodle.org/> >. Acesso em 21 out. 2007a.
- MOODLE. **Documentação em Português**. Disponível em < <http://docs.moodle.org/pt/> >. Acesso em: 21 out. 2007b.
- MOODLE. **Stats**. Disponível em < <http://moodle.org/stats/>>. Acesso em: 21 out. 2007c.
- MOODLE. **Moodle Sites on Brazil**. Disponível em < <http://moodle.org/sites/index.php?country=BR> >. Acesso em: 21 out. 2007d.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Imprensa Portão, 2005.
- _____. **Mapas conceituais & Diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.
- MOREIRA, Marco Antônio; BUCHWEITZ, Bernardo. **Mapas conceituais: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo**. São Paulo: Moraes, 1987.
- MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F.. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J.. La Teoría Subyacente a los Mapas Conceptuales y a Cómo Construirlos. **Reporte Técnico IHMC CmapTools - Florida Institute for Human and Machine Cognition**, Florida, jan. 2006. Disponível em: < <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf> >. Acesso em: 03 nov. 2007.
- NOVAK, J.D.; GOWIN, B. **Aprender a aprender**. 2.ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.
- ROSA, Paulo Ricardo da Silva. O uso de computadores no Ensino de Física. Parte I: Potencialidade e Uso Real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.17, n.02, p. 182-195, 1995.
- VALENTE, José Armando. Mudanças na sociedade, mudanças na educação: o fazer e o compreender. In: VALENTE, José Armando (org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: Nied, 2002. p. 29-48.